

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Ansteuerung des Piezo-Aktuators eines Steuerventils einer Pumpe-Düse-Einheit

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Ansteuerung des Piezo-Aktuators eines Steuerventils einer Pumpe-Düse-Einheit.

10 Pumpe-Düse-Einheiten dienen zum Zuführen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum einer Brennkraftmaschine. Dabei kann es sich beispielsweise um eine Pumpe-Düse-Einheit mit einer Steuer- und/oder regelbaren Kraftstoffpumpe, einer Kraftstoffeinspritzdüse, die eine zwischen einer Schließstellung
15 und einer Öffnungsstellung hin und her bewegliche Düsennadel aufweist, einem ersten Druckraum, der von der Kraftstoffpumpe mit unter einem ersten Druck stehenden Kraftstoff befüllbar ist, einem zweiten Druckraum, wobei in dem zweiten Druckraum unter einem zweiten Druck stehender Kraftstoff eine Schließkraft auf die Düsennadel ausübt, und einen dritten Druckraum,
20 der mit dem ersten Druckraum kommuniziert, wobei in dem dritten Druckraum unter einem dritten Druck stehender Kraftstoff eine Öffnungskraft auf die Düsennadel ausübt, handeln.

25 Pumpe-Düse-Einheiten werden insbesondere im Zusammenhang mit druckgesteuerten Einspritzsystemen verwendet. Ein wesentliches Merkmal eines druckgesteuerten Einspritzsystems besteht darin, dass die Kraftstoffeinspritzdüse öffnet, sobald eine zumindest vom aktuell herrschenden Drücken beeinflusste Öffnungskraft auf die Düsennadel ausgeübt wird. Derartige druckgesteuerte Einspritzsysteme dienen der Kraftstoffdosierung, der Kraftstoffaufbereitung, der Formung des Einspritzverlaufs und einer Abdichtung der Kraftstoffzuführung gegen den
30 Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine. Mit druckgesteuerten Einspritzsystemen lässt sich der zeitliche Verlauf des Mengenstroms während der Einspritzung in vorteilhafter Weise steuern. Damit kann ein positiver Einfluss auf die Leistung,

den Kraftstoffverbrauch und die Schadstoffemission des Motors genommen werden.

Bei Pumpe-Düse-Einheiten sind die Kraftstoffpumpe und die Kraftstoffeinspritzdüse in der Regel als integriertes Bauteil ausgebildet. Für jeden Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine wird zumindest eine Pumpe-Düse-Einheit vorgesehen, die in der Regel in den Zylinderkopf eingebaut wird. Die Kraftstoffpumpe umfasst dabei typischerweise einen in einem Kraftstoffpumpenzylinder hin und her beweglichen Kraftstoffpumpenkolben, der entweder direkt über einen Stößel oder indirekt über Kipphebel von einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine angetrieben wird. Der üblicherweise den ersten Druckraum bildende Abschnitt des Kraftstoffpumpenzylinders ist über ein Steuerventil mit einem Kraftstoff-Niederdruckbereich verbindbar, wobei bei geöffnetem Steuerventil Kraftstoff von dem Kraftstoff-Niederdruckbereich in den ersten Druckraum angesaugt und bei weiterhin geöffnetem Steuerventil von dem ersten Druckraum in den Kraftstoff-Niederdruckbereich zurückgedrückt wird. Sobald das Steuerventil geschlossen wird, erfolgt durch den Kraftstoffpumpenkolben eine Komprimierung des in dem ersten Druckraum befindlichen Kraftstoffs und somit ein Druckaufbau. Es ist bekannt, das Steuerventil in Form eines Magnetventils vorzusehen. Magnetventile weisen jedoch üblicherweise eine relativ lange Ansprechzeit auf, was insbesondere dadurch bedingt ist, dass der Magnetanker eines Magnetventils aufgrund der von seiner Masse abhängigen Massenträgheitskräfte nicht beliebig schnell beschleunigt werden kann. Weiterhin erfordert auch der Aufbau des Magnetfeldes zur Erzeugung der Anzugskraft Zeit. Eine mit einem Magnetventil ausgestattete Pumpe-Düse-Einheit ist beispielsweise aus der EP 0 277 939 B1 bekannt.

Um die durch die Verwendung von Magnetventilen hervorgerufenen Probleme zu vermeiden, ist es weiterhin bereits bekannt, Pumpe-Düse-Einheiten mit einem Steuerventil auszustatten, das

piezoelektrisch betrieben wird. Eine derartige Pumpe-Düse-Einheit ist beispielsweise aus der DE 198 35 494 A1 bekannt.

Um bei einem Einspritzvorgang neben einer Haupteinspritzmenge
5 eine zusätzliche Voreinspritzmenge und/oder eine zusätzliche
Nacheinspritzmenge in den Verbrennungsraum einzubringen, ist
es weiterhin bekannt, während eines Einspritzzyklus mehrere
in kurzen Zeitabständen aufeinanderfolgende Einspritzimpulse
auszulösen.

10

Das Schließen des Steuerventils erfolgt, indem der Piezo-
Aktuator einen vorgegebenen Hub ausführt. Hierzu wird der
Piezo-Aktuator mit einer definierten Energiemenge geladen.
Das Ende einer Einspritzung wird durch das Wiederöffnen des
15 Steuerventils eingeleitet. Der Piezo-Aktuator muss zu diesem
Zweck durch einen Entladevorgang in seine ursprüngliche Ruhe-
lage zurückgebracht werden. Beispielsweise zur Erhöhung des
Düsennadelöffnungsdrucks und für Geräuschoptimierungen ist es
vorteilhaft, wenn das Steuerventil beziehungsweise der Piezo-
20 Aktuator für Teilhübe ausgelegt ist. Dabei kann die elektri-
sche Ansteuerung in vorteilhafter Weise verschiedene Energie-
niveaus zur Erzielung der Teilhübe bereitstellen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäßen
25 Vorrichtungen und Verfahren derart weiterzubilden, dass eine
genauere Positionierung von Voll- und/oder Teilhüben des
Steuerventils ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen An-
30 sprüche gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfin-
dung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

35 Die erfindungsgemäße Vorrichtung baut auf dem gattungsgemäßen
Stand der Technik dadurch auf, dass sie Kompensationsmittel
aufweist, die Nichtlinearitäten und/oder Hystereseeigenschaf-

ten zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub zumindest teilweise kompensieren. Dabei wird insbesondere im Zusammenhang mit Teilhüben des Steuerventils bevorzugt, dass sowohl die Nicht-linearitäten als auch die Hystereseeigenschaften zwischen
5 Piezo-Energie und Piezo-Hub vollständig kompensiert werden.

Zu diesem Zweck ist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorzugsweise vorgesehen, dass die Kompensationsmittel erste Mittel aufweisen, die einen exemplarisch bestimmten Zusammen-
10 hang zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub wiedergeben. Bei der exemplarischen Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub wird der Lade- und der Entladevorgang des Piezo-Aktuators vorzugsweise getrennt berücksichtigt, insbesondere zur Erfassung der Hystereseeigenschaften.

15

Weiterhin ist besonders bevorzugt vorgesehen, dass die Kompensationsmittel zumindest eine weitere Störgröße zumindest teilweise kompensieren.

20 Eine bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht dabei vor, dass eine Störgröße die Abhängigkeit der zur Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs erforderlichen Piezo-Energie von der Temperatur ist. Diese Lösung ist vorteilhaft, weil auch die Temperaturabhängigkeit eine genaue
25 Positionierung insbesondere bei Teilhüben des Steuerventils erschwert.

In diesem Zusammenhang ist vorzugsweise weiterhin vorgesehen, dass die Kompensationsmittel zweite Mittel aufweisen, die einen exemplarisch bestimmten Zusammenhang zwischen Piezo-
30 Energie und Temperatur für zumindest einen konstanten Piezo-Hub wiedergeben. Dabei können die zweiten Mittel, ebenso wie die ersten Mittel, beispielsweise durch eine geeignete Speichereinrichtung gebildet sein, in der die entsprechenden
35 Kennlinien abgelegt sind, beispielsweise in Form von Funktionstermen und/oder von jeweiligen Wertepaaren.

Bei einer ebenfalls bevorzugten Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass eine Störgröße die Kraftkollektivabhängigkeit der zur Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs erforderlichen Piezo-Energie ist. Das auf den Piezo-Aktuator wirkende Kraftkollektiv beziehungsweise die auf den Piezo-Aktuator wirkende Kraftresultierende setzt sich beim Betrieb einer Pumpe-Düse-Einheit aus hydraulischen und mechanischen Kräften zusammen und variiert für unterschiedliche Motorbetriebszustände. Beispielsweise haben der jeweilige SOI (SOI = start of injection / Einspritzbeginn), der jeweilige EOI (EOI = end of injection / Einspritzende) sowie die aktuelle Motordrehzahl n einen Einfluss auf die jeweilige Kraftresultierende.

In diesem Zusammenhang ist vorzugsweise weiterhin vorgesehen, dass die Kompensationsmittel dritte Mittel aufweisen, die einen exemplarisch bestimmten Zusammenhang zwischen dem auf den Piezo-Aktuator wirkenden Kraftkollektiv und der Piezo-Energie für zumindest einen konstanten Piezo-Hub wiedergeben. Gegebenenfalls ist die exemplarische Bestimmung zusätzlich oder alternativ auch in Abhängigkeit von unterschiedlichen Temperaturen durchzuführen. Auch die dritten Mittel können beispielsweise durch geeignete Speichereinrichtungen gebildet sein, in denen die jeweiligen Kennlinien in geeigneter Form abgelegt sind, beispielsweise in Form von Funktionstermen oder Wertepaaren. Die ersten, zweiten und dritten Mittel können entweder als separate Baugruppen oder gemeinsam verwirklicht werden, beispielsweise in Form von getrennten Speicherbereichen.

Für alle Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird bevorzugt, dass die Kompensationsmittel einen Piezo-Hub-Sollwert auf einen Piezo-Energie-Sollwert abbilden. Dies entspricht einer Transformation von Energie zu Hub.

In diesem Zusammenhang wird es als besonders vorteilhaft erachtet, wenn bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung weiterhin

vorgesehen ist, dass sie eine Piezo-Energie-Regelungseinrichtung aufweist, welcher der Piezo-Energie-Sollwert zugeführt wird. Die Piezo-Energie-Regelungseinrichtung kann dabei beispielsweise einen Energieregler, eine Endstufe sowie eine geeignete Messwerterfassung aufweisen, wobei der von der Messwerterfassung gelieferte Piezo-Energie-Istwert vorzugsweise von dem Piezo-Energie-Sollwert subtrahiert werden kann.

Das erfindungsgemäßen Verfahren zur Ansteuerung des Piezo-Aktuators eines Steuerventils einer Pumpe-Düse-Einheit baut auf dem gattungsgemäßen Stand der Technik dadurch auf, dass es den Schritt der zumindest teilweisen Kompensation von Nichtlinearitäten und/oder Hystereseeigenschaften zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub umfasst. Dadurch ergeben sich die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erläuterten Vorteile in gleicher oder ähnlicher Weise, weshalb zur Vermeidung von Wiederholungen auf die entsprechenden Ausführungen verwiesen wird.

Gleiches gilt sinngemäß für die folgenden bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei auch diesbezüglich auf die entsprechenden Ausführungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwiesen wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird bevorzugt, dass zur zumindest teilweisen Kompensation von Nichtlinearitäten und/oder Hystereseeigenschaften zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub ein exemplarisch bestimmter Zusammenhang zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub ausgewertet wird.

Auch für das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt, dass es weiterhin den Schritt der zumindest teilweisen Kompensation von zumindest einer Störgröße umfasst.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass eine Störgröße die Abhängigkeit der zur

Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs erforderlichen Piezo-Energie von der Temperatur ist.

- In diesem Zusammenhang ist vorzugsweise weiterhin vorgesehen,
5 dass zur zumindest teilweisen Kompensation der Abhängigkeit von der Temperatur ein exemplarisch bestimmter Zusammenhang zwischen Piezo-Energie und Temperatur für zumindest einen konstanten Piezo-Hub ausgewertet wird.
- 10 Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass eine Störgröße die Kraftkollektivabhängigkeit der zur Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs erforderlichen Piezo-Energie ist.
- 15 In diesem Zusammenhang ist vorzugsweise weiterhin vorgesehen, dass zur zumindest teilweisen Kompensation der Kraftkollektivabhängigkeit ein exemplarisch bestimmter Zusammenhang zwischen dem auf den Piezo-Aktuator wirkenden Kraftkollektiv und der Piezo-Energie für zumindest einen konstanten Piezo-Hub
20 ausgewertet wird.
- Ähnlich wie bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist auch bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass es einen Piezo-Hub-Sollwert auf einen Piezo-Energie-Sollwert abbildet.
25
- Dabei wird für das erfindungsgemäße Verfahren bevorzugt, dass es die Zuführung des Piezo-Energie-Sollwertes zu einer Piezo-Energie-Regelungseinrichtung umfasst.
- 30 Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Nicht-linearität und die Hystereseeigenschaft zwischen Energie und Hub erkannt und funktionell kompensiert werden können. Dies kann für voll- und teilhubgesteuerte beziehungsweise geregelte Systeme genutzt werden. Einen weiteren Schwerpunkt bildet
35 das Erkennen und Kompensieren beziehungsweise Korrigieren von systematischen Störgrößen, insbesondere der Piezo-Temperatur und dem Kraftkollektiv. Die Erfindung ermöglicht neben einer

genaueren Positionierung der Voll- und/oder Teilhübe des Steuerventils eine symmetrische Piezo-Bewegung bezüglich des Lade- und Entladevorgangs. Weiterhin wird ein unempfindlicheres Verhalten bei Temperatur- und/oder Kraftänderungen erzielt.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

10

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Ausführungsform einer Pumpe-Düse-Einheit mit beziehungsweise bei der die erfindungsgemäßen Vorrichtungen beziehungsweise die erfindungsgemäßen Verfahren angewendet werden können;

15

Figur 2 eine schematische Teil-Schnittansicht eines Piezo-Steuerventils, das mit der Pumpe-Düse-Einheit nach Figur 1 verwendet werden kann;

20

Figur 3 ein Blockschaltbild, das eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung veranschaulicht, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist;

25

Figur 4 ein Diagramm, das eine Messung der Nichtlinearität zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub veranschaulicht;

30

Figur 5 ein Diagramm, das eine Messung der Hystereseeigenschaft zwischen einem Lade- und einem Entladevorgang veranschaulicht; und

Figur 6 ein Diagramm, das eine Messung der Temperaturabhängigkeit für zwei konstante Piezo-Hübe veranschaulicht.

35

Figur 1 zeigt schematisch eine Pumpe-Düse-Einheit. Die dargestellte Pumpe-Düse-Einheit zum Zuführen von Kraftstoff 10 in einen Verbrennungsraum 12 einer Brennkraftmaschine weist eine Kraftstoffpumpe 14-22 auf. Dabei ist ein Kraftstoffpumpenkolben 14 in einem Kraftstoffpumpenzylinder 16 hin und her bewegbar. Der Kraftstoffpumpenkolben 14 wird direkt oder indirekt über eine nicht dargestellte Nockenwelle der Brennkraftmaschine angetrieben. Der Kompressionsraum des Kraftstoffpumpenzylinders 16 bildet einen ersten Druckraum 28. Der erste Druckraum 28 ist über eine Kraftstoffleitung 20 mit einem Piezo-Steuerventil 22 verbunden. Das Piezo-Steuerventil 22 dient dazu, die Kraftstoffleitung 20 entweder zu verschließen oder mit einem Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 zu verbinden, aus dem Kraftstoff 10 angesaugt werden kann. In der geöffneten Ruhestellung des Piezo-Steuerventils 22 wird bei einer bezogen auf Figur 1 nach oben gerichteten Bewegung des Kraftstoffpumpenkolbens 14 Kraftstoff 10 aus dem Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 in den ersten Druckraum 28 angesaugt. Sofern das Piezo-Steuerventil 22 sich bei einer bezogen auf Figur 1 nach unten gerichteten Bewegung des Kraftstoffpumpenkolbens 14 noch in seiner geöffneten Ruhestellung befindet, kann vorher in den ersten Druckraum 28 angesaugter Kraftstoff 10 wieder zurück in den Kraftstoff-Niederdruckbereich 18 gedrückt werden. Bei einer geeigneten Ansteuerung des Piezo-Steuerventils 22 verschließt dieses die Kraftstoffleitung 20. Dadurch wird der in den ersten Druckraum 28 angesaugte Kraftstoff 10 bei einer nach unten gerichteten Bewegung des Kraftstoffpumpenkolbens 14 komprimiert, wodurch ein erster Druck p_{28} in dem ersten Druckraum 28 erzeugt wird. Die dargestellte Pumpe-Düse-Einheit umfasst weiterhin eine insgesamt mit 24 bezeichnete Kraftstoffeinspritzdüse, die eine zwischen einer Schließstellung und einer Öffnungsstellung hin und her bewegliche Düsennadel 46 aufweist. Ein Druckstift 26 kann, bezogen auf die Darstellung von Figur 1, insbesondere eine nach unten gerichtete Kraft auf die Düsennadel 46 ausüben. Am oberen Ende des Druckstifts 26 ist eine Einstellscheibe 40 vorgesehen,

die in einem zweiten Druckraum 30 geführt ist, wobei in dem zweiten Druckraum 30 unter einem zweiten Druck p_{30} stehender Kraftstoff 10 über den Druckstift 26 eine bezogen auf die Darstellung von Figur 1 nach unten gerichtete Schließkraft auf die Düsennadel 46 ausübt. Die Einstellscheibe 40 ist dabei vorzugsweise gegenüber dem zweiten Druckraum 30 nur so stark abgedichtet, dass der zweite Druck p_{30} vor Beginn eines neuen Einspritzzyklus bereits wieder abgebaut ist. Eine ebenfalls nach unten gerichtete weitere Schließkraft wird durch eine erste Feder 36 auf den Druckstift 26 und somit die Düsennadel 46 ausgeübt, wobei die erste Feder 36 in dem zweiten Druckraum 30 angeordnet ist und sich mit ihrem hinteren Ende an der Einstellscheibe 40 abstützt. Ein eine Schulter 44 aufweisender Abschnitt der Düsennadel 46 ist von einem dritten Druckraum 32 umgeben, der mit dem ersten Druckraum 28 über eine Verbindungsleitung 42 kommuniziert. In Abhängigkeit von der Drosselwirkung der Verbindungsleitung 42 und gegebenenfalls weiterer nicht dargestellter Drosseleinrichtungen wird in Abhängigkeit von dem in dem ersten Druckraum 28 herrschenden ersten Druck p_{28} in dem dritten Druckraum 32 ein dritter Druck p_{32} aufgebaut. Der in dem dritten Druckraum 32 unter dem dritten Druck p_{32} stehende Kraftstoff 10 übt eine bezogen auf die Darstellung von Figur 1 nach oben gerichtete Öffnungskraft auf die Düsennadel 46 aus. Die Düsennadel 46 nimmt ihre Öffnungsstellung ein, solange eine Differenz zwischen der durch den dritten Druck p_{32} verursachten Öffnungskraft und der Summe aus der durch den zweiten Druck p_{30} erzeugten Schließkraft und der durch die erste Feder 36 erzeugten Schließkraft einen vorgegebenen Wert überschreitet. Über den zweiten Druck p_{30} in dem zweiten Druckraum 30 kann somit der Düsenöffnungsdruck beeinflusst werden. Um den zweiten Druck p_{30} im zweiten Druckraum 30 auf jeweils geeignet Werte zu begrenzen und zu halten kann beispielsweise ein Druckbegrenzungs- und -halteventil 34 zwischen dem ersten Druckraum 28 und dem zweiten Druckraum 30 vorgesehen sein. Die Ankopplung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 80 an

das anhand von Figur 2 näher erläuterte Piezo-Steuerventil 22 ist in Figur 1 ebenfalls dargestellt.

Figur 2 zeigt eine schematische Teil-Schnittansicht eines
5 Piezo-Steuerventils 22, das mit der Pumpe-Düse-Einheit nach
Figur 1 verwendet werden kann. Das dargestellte Piezo-
Steuerventil 22 weist eine Ventalnadel 48 auf, die zum
Schließen des Piezo-Steuerventils 22 in die dargestellte ers-
10 te Endstellung und zum vollständigen Öffnen des Piezo-
Steuerventils 22 in eine zweite Endstellung bewegt werden
kann, die bezogen auf die Darstellung nach rechts verschoben
ist. Wenn sich die Ventalnadel 48 in ihrer dargestellten ers-
ten Endstellung befindet, wirkt ein an der Ventalnadel 48
vorgesehener Ventilteller 64 mit einem gehäuseseitigen Ven-
15 tiltsitz 62 zusammen. Dadurch wird der Kraftstoff-
Niederdruckbereich 18 gegenüber einer Hochdruckkammer 38 ver-
schlossen, die mit der in Figur 1 dargestellten Kraftstoff-
leitung 20 in Verbindung steht. Das Piezo-Steuerventil 22
weist einen Piezo-Aktuator beziehungsweise ein Piezoelement
20 76 auf. Bei geeigneter Ansteuerung des Piezoelementes 76 übt
dieses über eine Stirnfläche 78 eine Kraft auf ein Druckstück
54 aus. Das Druckstück 54 überträgt die von dem Piezoelement
76 erzeugte Kraft seinerseits auf einen ersten Hebel 56 und
einen zweiten Hebel 58, wobei der erste Hebel 56 und der
25 zweite Hebel 58 dazu vorgesehen sind, eine Kraftübersetzung
zu bewirken. Der erste Hebel 56 und der zweite Hebel 58 lie-
gen an einer zweiten axialen Endfläche 72 der Ventalnadel 48
an, um die von dem Piezoelement 76 erzeugte, übersetzte Kraft
auf die Ventalnadel 48 zu übertragen. Die von dem geeignet
30 angesteuerten Piezoelement 76 erzeugte, übersetzte Kraft, die
auf die Ventalnadel 48 wirkt, ist größer als eine entgegenge-
setzte Kraft, die von einer zweiten Feder 66 erzeugt und über
ein Federdruckstück 68 auf eine erste axiale Endfläche 70 der
Ventalnadel 48 ausgeübt wird. Der Kraftstoff-
35 Niederdruckbereich 18 steht mit einem Absteuerraum 50 in Ver-
bindung, der über eine Ausgleichsbohrung 52 weiterhin mit ei-
nem vor dem Piezoelement 76 befindlichen Aktorraum 74 in Ver-

bindung steht. Dieser Aktorraum 74 steht mit einem Rücklauf 60 in Verbindung, über den Kraftstoff aus dem Aktorraum 74 zurückströmen kann.

5 Figur 3 zeigt ein Blockschaltbild, das eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung veranschaulicht, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Bei der dargestellten Ausführungsform wird den Kompensations-
10 mitteln 82 ein Piezo-Hub-Sollwert x_{soll} zugeführt, wobei die Kompensationsmittel 82 eine Transformation von Hub zu Energie durchführen, so dass beim Ausgang der Kompensationsmittel 82 ein Piezo-Energie-Sollwert E_{soll} zur Verfügung steht. Die Kompensationsmittel 82 umfassen erste Mittel 84, die einen exemplarisch bestimmten Zusammenhang zwischen Piezo-Energie E und
15 Piezo-Hub x wiedergeben, um die Nichtlinearitäten und die Hystereseigenschaften zwischen Piezo-Energie E und Piezo-Hub x zu kompensieren. Weiterhin umfassen die Kompensationsmittel 82 zweite Mittel 86, die einen exemplarisch bestimmten Zusammenhang zwischen Piezo-Energie E und Temperatur ϑ für einen
20 oder mehrere konstante Piezo-Hübe x wiedergeben, um die Abhängigkeit der zur Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs x erforderlichen Piezo-Energie E von der Temperatur ϑ zu kompensieren. Bei der dargestellten Ausführungsform weisen die Kompensationsmittel 82 darüber hinaus dritte Mittel 88 auf,
25 die einen exemplarisch bestimmten Zusammenhang zwischen dem auf den Piezo-Aktuator 76 wirkenden Kraftkollektiv $f(SOI, EOI, n)$ und der Piezo-Energie E für einen oder mehrere konstante Piezo-Hübe x wiedergeben, um die Kraftkollektivabhängigkeit $f(SOI, EOI, n)$ der zur Erzielung eines vorgegebenen
30 Piezo-Hubs x erforderlichen Piezo-Energie zu kompensieren. Wie erwähnt, setzt sich das auf den Piezo-Aktuator 76 wirkende Kraftkollektiv im Betrieb der Pumpe-Düse-Einheit aus hydraulischen und mechanischen Kräften zusammen und hängt insbesondere vom Einspritzbeginn SOI, vom Einspritzende EOI und
35 von der Motordrehzahl n ab. Die Kompensationsmittel 82 beziehungsweise die ersten Mittel 84, die zweiten Mittel 86 und die dritten Mittel 88 können vom Fachmann durch irgendwelche

geeigneten Schaltungseinrichtungen realisiert werden, die dazu in der Lage sind, die exemplarisch ermittelten Kennlinien funktionell zu hinterlegen, beispielsweise in einer geeigneten Vorsteuerung beziehungsweise einer geeigneten Vorregulung. Die Kompensationsmittel 82 können insbesondere mikroprozessorgestützt verwirklicht werden. Der von den Kompensationsmitteln 82 gelieferte Piezo-Energie-Sollwert E_{soll} wird einer insgesamt mit 90 bezeichneten Piezo-Energie-Regelungseinrichtung zugeführt, die den Piezo-Aktuator 76 ansteuert. Die Piezo-Energie-Regelungseinrichtung 90 umfasst einen Energieregler 92, eine Endstufe 94, einen Subtrahierer 96 und eine Messwerterfassungseinrichtung 98. Der Subtrahierer 96 bildet die Differenz aus dem von den Kompensationsmitteln 82 gelieferten Piezo-Energie-Sollwert E_{soll} und dem von der Messwerterfassungseinrichtung 98 über die Ladung Q und die Spannung U bestimmten Piezo-Energie-Istwert E_{ist} . Die Differenz aus dem Piezo-Energie-Sollwert E_{soll} und dem Piezo-Energie-Istwert E_{ist} wird dem Energieregler 92 zugeführt, dessen Ausgangssignal das Eingangssignal der Endstufe 94 bildet, die den Piezo-Aktuator 76 ansteuert. Als Energieregler 92 kommt sowohl ein analoger Regler als auch ein digitaler Regler in Betracht.

Figur 4 zeigt ein Diagramm, das eine Messung der Nichtlinearität zwischen Piezo-Energie und Piezo-Hub veranschaulicht und Figur 5 zeigt ein Diagramm, das eine Messung der Hystereseeigenschaft zwischen einem Lade- und einem Entladevorgang veranschaulicht. Die in den Figuren 4 und 5 dargestellten exemplarisch bestimmten Kennlinien können insbesondere zur Verwirklichung der in Figur 3 gezeigten ersten Mittel 84 herangezogen werden. Die in Figur 4 veranschaulichte Nichtlinearität zwischen Piezo-Energie E und Piezo-Hub x lässt sich im dargestellten Fall durch die Funktion zweiter Ordnung $E(x) = 0,0344x^2 + 0,4655x - 1,154$ approximieren. Die in Figur 5 veranschaulichten Hystereseeigenschaften wurden für den Ladevorgang und den Entladevorgang des Piezo-Aktuators getrennt bestimmt, wie dies durch die entsprechenden mit "Laden" bezie-

hungsweise "Entladen" bezeichneten Pfeile angedeutet ist. Weiterhin ist der Verlust durch die mechanisch verrichtete Arbeit durch einen entsprechend gekennzeichneten Pfeil angedeutet.

5

Figur 6 zeigt ein Diagramm, das eine Messung der Temperaturabhängigkeit für zwei konstante Piezo-Hübe veranschaulicht. Die in Figur 6 dargestellten Kurvenverläufe können insbesondere zur Verwirklichung der in Figur 3 dargestellten zweiten Mittel 86 herangezogen werden, wobei gegebenenfalls auch die Temperaturabhängigkeiten für deutlich mehr als zwei konstante Ventilhub x erfasst werden können.

Die Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung 80 und ein Verfahren zur Ansteuerung des Piezo-Aktuators 76 eines Steuerventils 22 einer Pumpe-Düse-Einheit. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass Nichtlinearitäten und/oder Hystereseigenschaften zwischen Piezo-Energie E und Piezo-Hub x zumindest teilweise kompensiert werden. Vorzugsweise werden darüber hinaus auch weitere systematische Störgrößen wie beispielsweise die Piezo-Temperatur oder das auf den Piezo-Aktuator 76 wirkende Kraftkollektiv korrigiert beziehungsweise kompensiert.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (80) zur Ansteuerung des Piezo-Aktuators (76) eines Steuerventils (22) einer Pumpe-Düse-Einheit,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Kompensationsmittel (82) aufweist, die Nichtlinearitäten und/oder Hystereseigenschaften zwischen Piezo-Energie (E) und Piezo-Hub (x) zumindest teilweise kompensieren.
- 10 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Kompensationsmittel (82) erste Mittel (84) aufweisen, die einen exemplarisch bestimmten Zusammenhang zwischen Piezo-Energie (E) und Piezo-Hub (x) wiedergeben.
- 15 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Kompensationsmittel (82) zumindest eine weitere Störgröße zumindest teilweise kompensieren.
- 20 4. Vorrichtung nach Anspruch 3,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass eine Störgröße die Abhängigkeit der zur Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs (x) erforderlichen Piezo-Energie (E)
25 von der Temperatur (9) ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Kompensationsmittel (82) zweite Mittel (86) aufwei-
30 sen, die einen exemplarisch bestimmten Zusammenhang zwischen Piezo-Energie (E) und Temperatur (9) für zumindest einen konstanten Piezo-Hub (x) wiedergeben.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5,
35 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass eine Störgröße die Kraftkollektivabhängigkeit ($f(\text{SOI}, \text{EOI}, n)$) der zur Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs (x) erforderlichen Piezo-Energie (E) ist.

5 7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Kompensationsmittel (82) dritte Mittel (88) aufwei-
sen, die einen exemplarisch bestimmen Zusammenhang zwischen
dem auf den Piezo-Aktuator (76) wirkenden Kraftkollektiv
10 ($f(\text{SOI}, \text{EOI}, n)$) und der Piezo-Energie (E) für zumindest ei-
nen konstanten Piezo-Hub (x) wiedergeben.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 dass die Kompensationsmittel (82) einen Piezo-Hub-Sollwert
(x_{soll}) auf einen Piezo-Energie-Sollwert (E_{soll}) abbilden.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
20 dass sie eine Piezo-Energie-Regelungseinrichtung (90) auf-
weist, welcher der Piezo-Energie-Sollwert (E_{soll}) zugeführt
wird.

10. Verfahren zur Ansteuerung des Piezo-Aktuators (76) eines
25 Steuerventils (22) einer Pumpe-Düse-Einheit,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es den Schritt der zumindest teilweisen Kompensation von
Nichtlinearitäten und/oder Hystereseeigenschaften zwischen
Piezo-Energie (E) und Piezo-Hub (x) umfasst.

30
11. Verfahren nach Anspruch 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur zumindest teilweisen Kompensation von
Nichtlinearitäten und/oder Hystereseeigenschaften zwischen
35 Piezo-Energie (E) und Piezo-Hub (x) ein exemplarisch bestimm-
ter Zusammenhang zwischen Piezo-Energie (E) und Piezo-Hub (x)
ausgewertet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es weiterhin den Schritt der zumindest teilweisen Kom-
5 pensation von zumindest einer Störgröße umfasst.
13. Verfahren nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass eine Störgröße die Abhängigkeit der zur Erzielung eines
10 vorgegebenen Piezo-Hubs (x) erforderlichen Piezo-Energie (E)
von der Temperatur (ϑ) ist.
14. Verfahren nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 dass zur zumindest teilweisen Kompensation der Abhängigkeit
von der Temperatur (ϑ) ein exemplarisch bestimmter Zusammen-
hang zwischen Piezo-Energie (E) und Temperatur (ϑ) für zu-
mindest einen konstanten Piezo-Hub (x) ausgewertet wird.
- 20 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass eine Störgröße die Kraftkollektivabhängigkeit ($f(\text{SOI},$
 $\text{EOI}, n)$) der zur Erzielung eines vorgegebenen Piezo-Hubs (x)
erforderlichen Piezo-Energie (E) ist.
- 25 16. Verfahren nach Anspruch 15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zur zumindest teilweisen Kompensation der Kraftkollek-
tivabhängigkeit ($f(\text{SOI}, \text{EOI}, n)$) ein exemplarisch bestimmter
30 Zusammenhang zwischen dem auf den Piezo-Aktuator (76) wirken-
den Kraftkollektiv ($f(\text{SOI}, \text{EOI}, n)$) und der Piezo-Energie (E)
für zumindest einen konstanten Piezo-Hub (x) ausgewertet
wird.
- 35 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

18

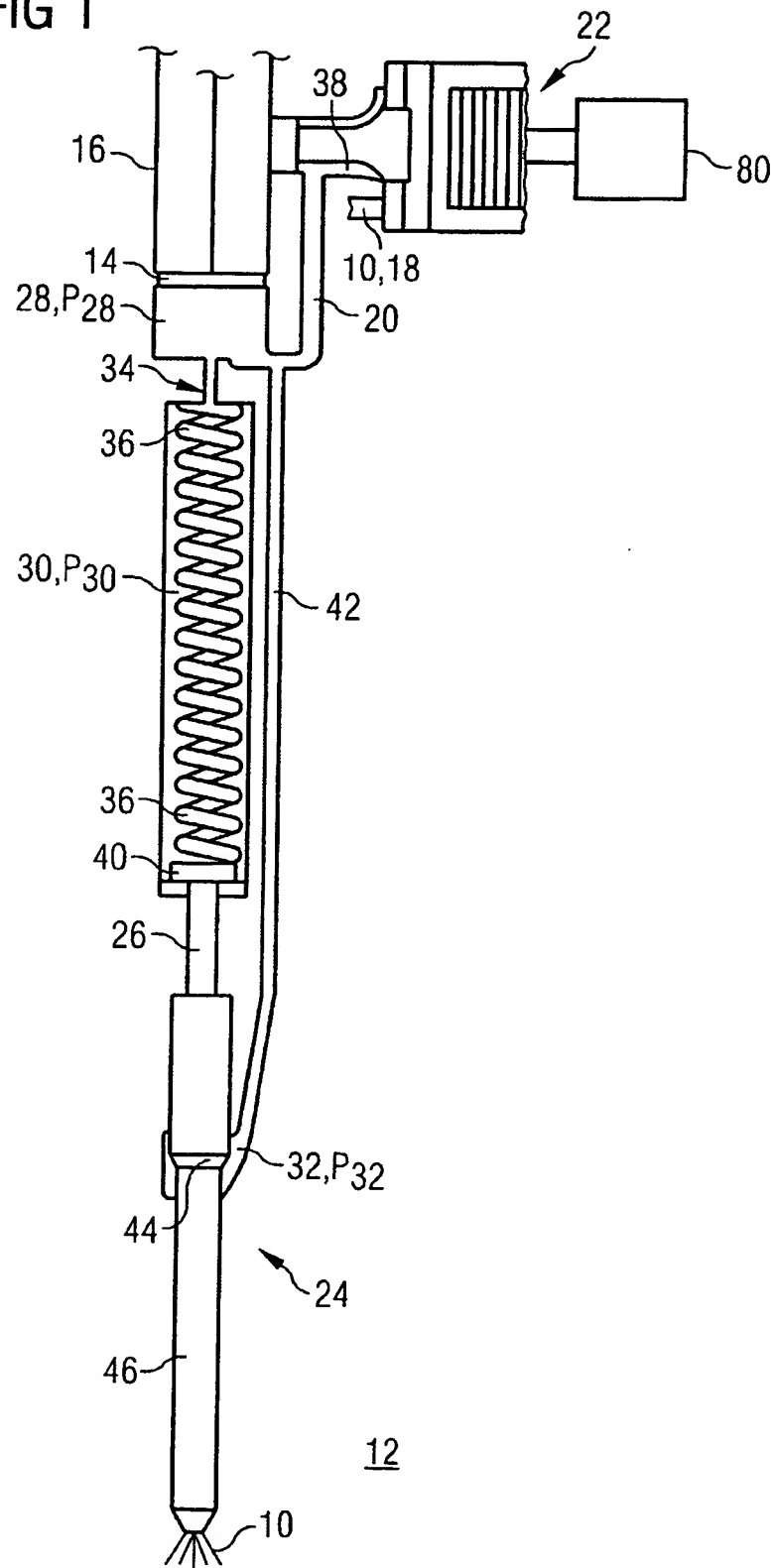
dass es einen Piezo-Hub-Sollwert (x_{soll}) auf einen Piezo-Energie-Sollwert (E_{soll}) abbildet.

18. Verfahren nach Anspruch 17,

- 5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass es die Zuführung des Piezo-Energie-Sollwertes (E_{soll}) zu einer Piezo-Energie-Regelungseinrichtung umfasst.

1/5

FIG 1



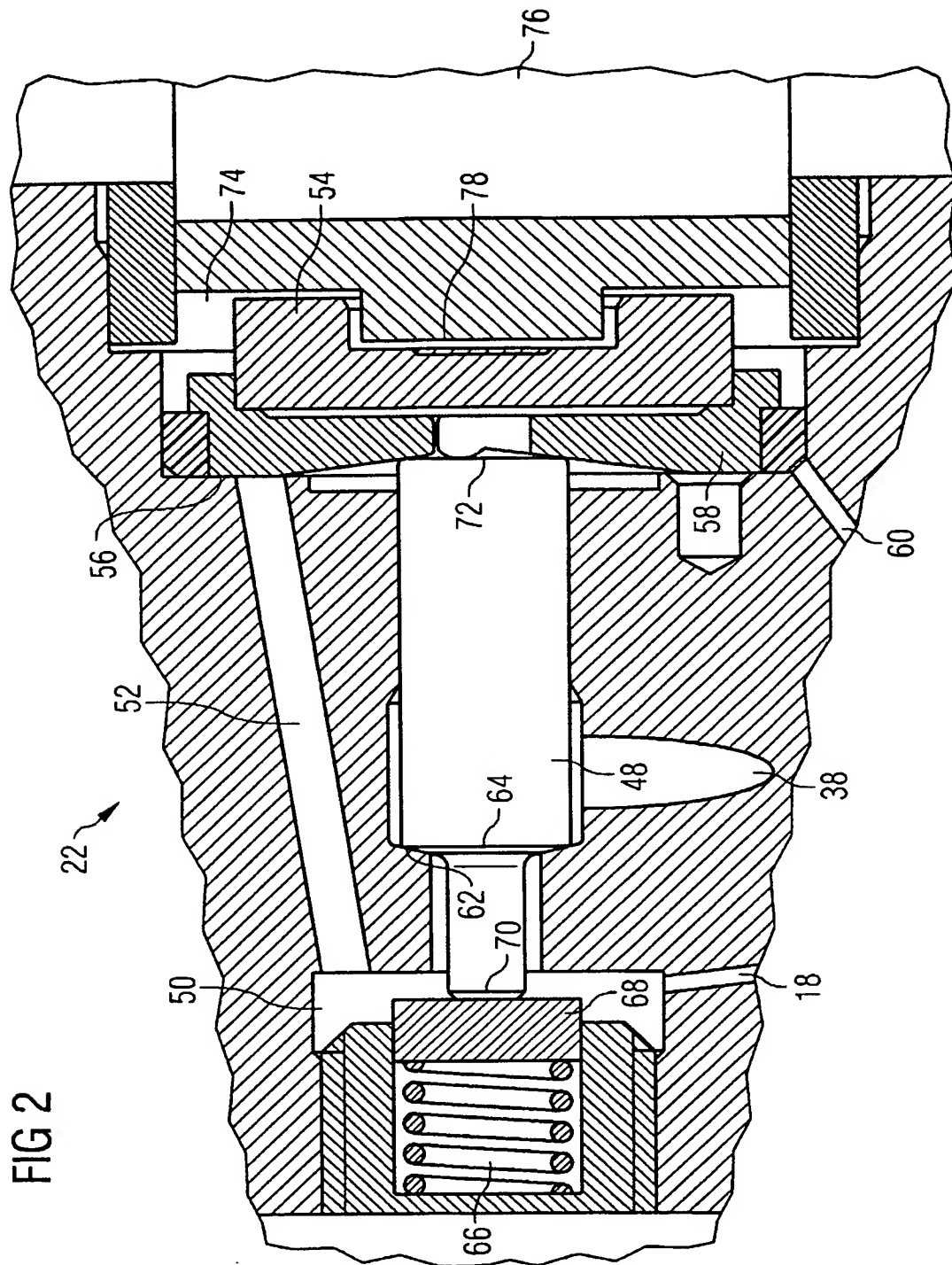


FIG 3

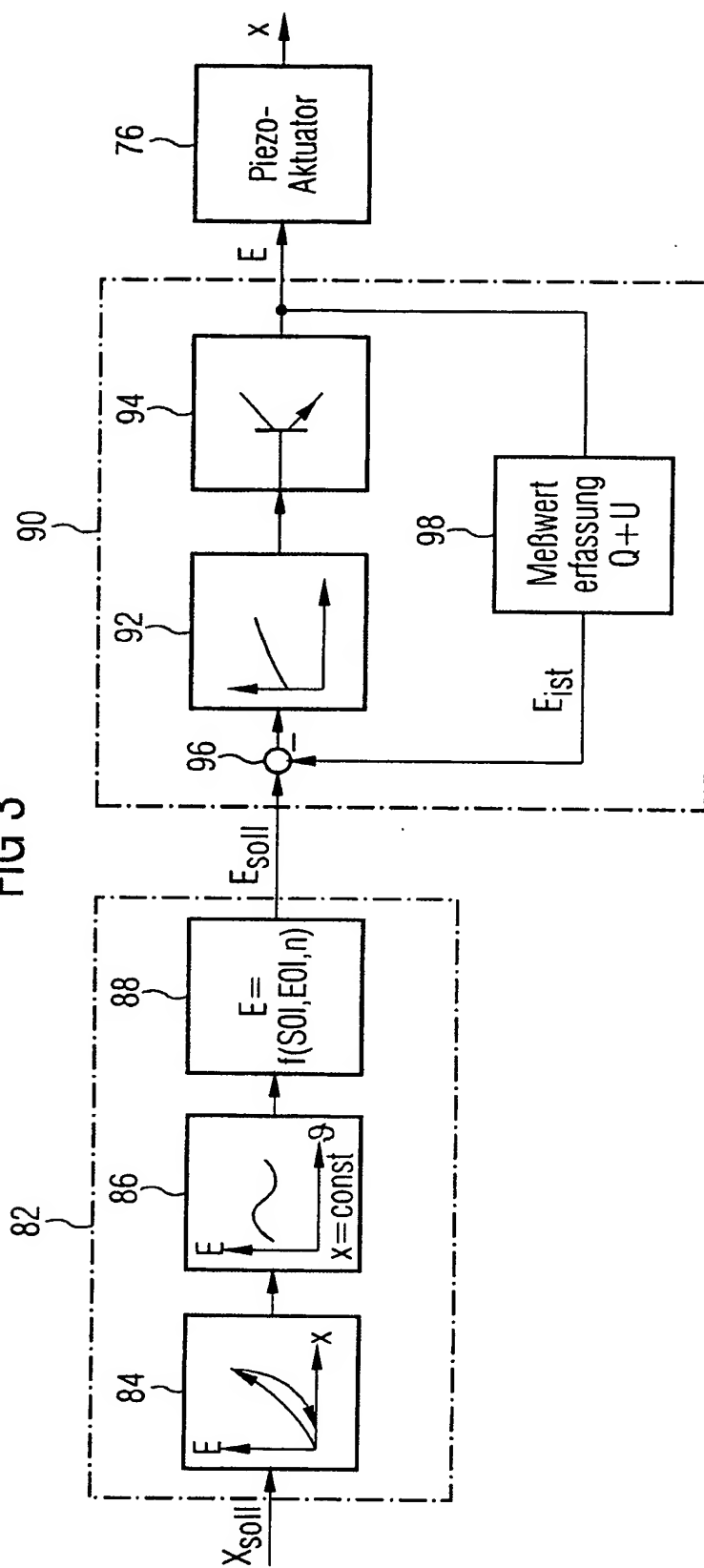


FIG 4

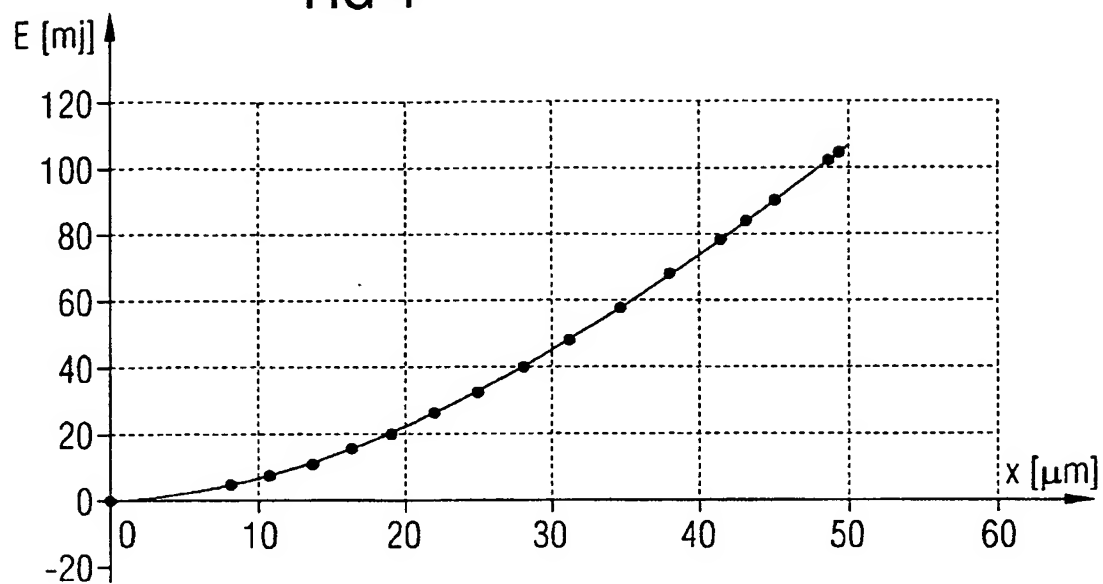


FIG 5

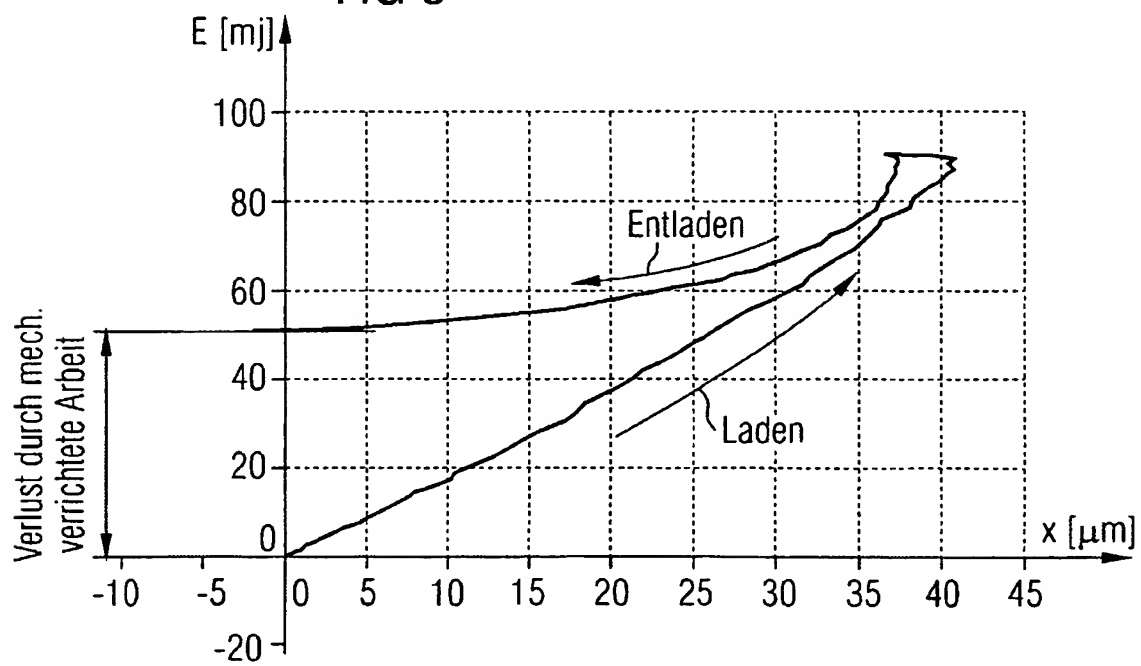
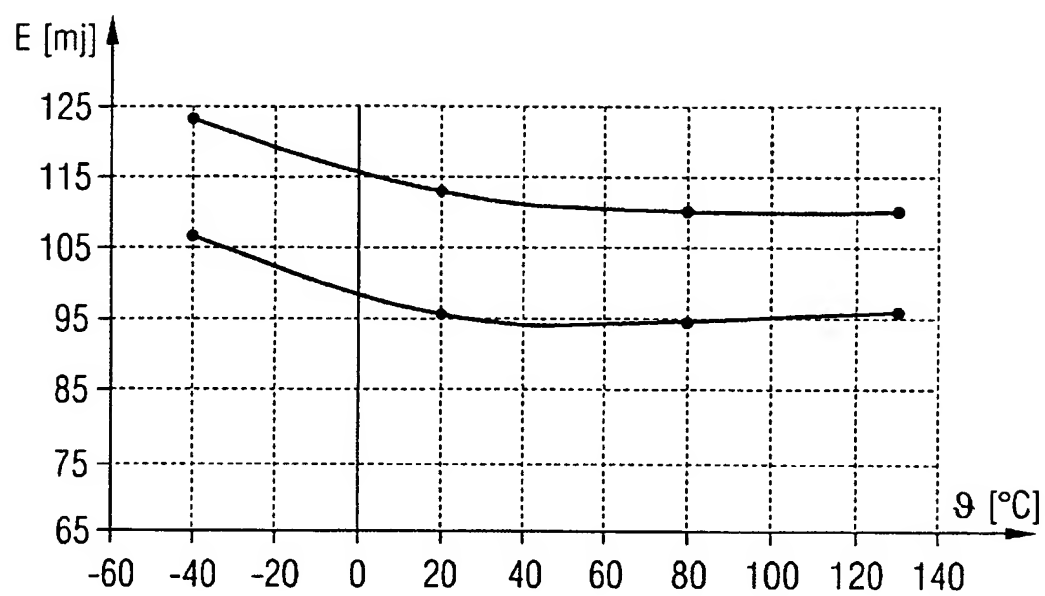


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 03/01323

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 F02D41/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 138 915 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraph '0114! - paragraph '0138!; figures 7-9 ---	1-18
X	EP 1 138 914 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) paragraph '0065! - paragraph '0086!; figures 3-9 ---	1-5, 10-14
X	DE 101 30 857 A (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP) 14 March 2002 (2002-03-14) ---	1-4, 8-13, 17, 18
A	paragraph '0021! - paragraph '0022!; figures 2,3 --- -/--	5-7, 14-16



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 August 2003

Date of mailing of the international search report

21/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kolland, U

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 03/01323

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 199 58 406 A (BOSCH GMBH ROBERT) 7 June 2001 (2001-06-07) column 5, line 28 - line 39; figures 2,3 -----</p>	<p>4,5,13, 14</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/01323

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 1138915	A	04-10-2001	EP	1138915 A1	04-10-2001
			JP	2002021621 A	23-01-2002
			US	2001027780 A1	11-10-2001
<hr/>					
EP 1138914	A	04-10-2001	EP	1138914 A1	04-10-2001
			JP	2001349237 A	21-12-2001
<hr/>					
DE 10130857	A	14-03-2002	US	6400066 B1	04-06-2002
			DE	10130857 A1	14-03-2002
			JP	2002031010 A	31-01-2002
			US	2002195904 A1	26-12-2002
<hr/>					
DE 19958406	A	07-06-2001	DE	19958406 A1	07-06-2001
			FR	2802033 A1	08-06-2001
			JP	2001193546 A	17-07-2001
			US	2001015577 A1	23-08-2001
<hr/>					

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/01323

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D F02M

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 138 915 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absatz '0114! - Absatz '0138!; Abbildungen 7-9 ---	1-18
X	EP 1 138 914 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) Absatz '0065! - Absatz '0086!; Abbildungen 3-9 ---	1-5, 10-14
X	DE 101 30 857 A (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP) 14. März 2002 (2002-03-14) ---	1-4, 8-13, 17, 18
A	Absatz '0021! - Absatz '0022!; Abbildungen 2,3 --- -/--	5-7, 14-16

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. August 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/08/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kolland, U

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/01323

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 199 58 406 A (BOSCH GMBH ROBERT)</p> <p>7. Juni 2001 (2001-06-07)</p> <p>Spalte 5, Zeile 28 - Zeile 39; Abbildungen 2,3</p> <p>-----</p>	<p>4,5,13, 14</p>

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/01323

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1138915	A	04-10-2001	EP	1138915 A1		04-10-2001
			JP	2002021621 A		23-01-2002
			US	2001027780 A1		11-10-2001
<hr/>						
EP 1138914	A	04-10-2001	EP	1138914 A1		04-10-2001
			JP	2001349237 A		21-12-2001
<hr/>						
DE 10130857	A	14-03-2002	US	6400066 B1		04-06-2002
			DE	10130857 A1		14-03-2002
			JP	2002031010 A		31-01-2002
			US	2002195904 A1		26-12-2002
<hr/>						
DE 19958406	A	07-06-2001	DE	19958406 A1		07-06-2001
			FR	2802033 A1		08-06-2001
			JP	2001193546 A		17-07-2001
			US	2001015577 A1		23-08-2001
<hr/>						

Publication number: WO03091559

Publication date: 2003-11-06

Inventor: BEIL HARZ JOERG (DE); PIRKL RICHARD (DE)

Applicant: SIEMENS AG (DE); BEILHARZ JOERG (DE); PIRKL RICHARD (DE)

Classification:

- international: **F02D41/20; F02M61/16; F02M63/00; F02D41/20; F02M61/00; F02M63/00; (IPC1-7): F02D41/20**

- european: F02D41/20P: F02M61/16G: F02M63/00E6B

Application number: WO2003DE01323 20030423

Priority number(s): DE20021018122 20020423

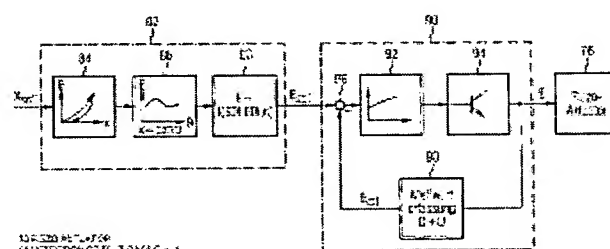
Cited documents:

EP1138915
EP1138914
DE1013085
DE1995840

Report a data error here

Abstract of WO03091559

The invention relates to a device (80) and a method for triggering the piezo actuator (76) of a control valve (22) of a pump-nozzle unit. Non-linearities and/or hysteresis properties between the piezo energy (E) and piezo travel (x) are at least partly compensated. Preferably, additional systematic disturbance variables such as the piezo temperature or the combined forces acting on the piezo actuator (76) are also corrected or compensated.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Docket # 2003P17900

Applic. # _____

Applicant: Augesky

Lerner Greenberg Steiner LLP

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101